

**Ulf Fildebrandt**

# **Software modular bauen**

**Architektur von langlebigen Softwaresystemen –  
Grundlagen und Anwendung mit OSGi und Java**

Ulf Fildebrandt, Software modular bauen, dpunkt.verlag, ISBN 978-3-86490-019-8



Ulf Fildebrandt  
E-Mail: ulffildebrandt@aol.com

Lektorat: Dr. Michael Barabas  
Copy Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg  
Herstellung: Nadine Thiele  
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, [www.exclam.de](http://www.exclam.de)  
Druck und Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-86490-019-8

1. Auflage 2012  
Copyright © 2012 dpunkt.verlag GmbH  
Ringstraße 19B  
69115 Heidelberg

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

*Für meinen Vater*

Ulf Fildebrandt, Software modular bauen, dpunkt.verlag, ISBN 978-3-86490-019-8



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Über dieses Buch	2
1.2	Motivation	4
1.3	Nachstellen der Beispiele	6
1.4	Regeln	8
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>11</b>
2.1	Definitionen	11
2.2	Grundthese	12
2.3	Prinzipien und Konzepte	16
2.4	Modularity Patterns	21
2.5	Vorgehen zur Definition modularer Architektur	25
2.6	Modularitätsmodell (Modularity Maturity Model)	29
<b>3</b>	<b>Coding-Architektur: Erweiterbarkeit</b>	<b>33</b>
3.1	Hintergrund von Coding Best Practices	33
3.2	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	36
3.3	Factory Pattern	40
3.4	Decision Map	45
3.5	Single Responsibility	49
3.6	Nachstellen des Beispiels	51
3.7	Exkurs: Adapter und Facade	51
3.8	Zusammenfassung	57

---

<b>4</b>	<b>Komponentenarchitektur: Grundlagen</b>	<b>59</b>
4.1	Hintergrund eines modularen Laufzeitsystems . . . . .	59
4.2	Umsetzung der Grundkonzepte am Beispiel OSGi . . . . .	71
4.3	Auswirkungen eines modularen Laufzeitsystems auf Patterns . . . . .	80
4.4	Umsetzung von Modularität in verschiedenen Laufzeitumgebungen . . . . .	85
4.5	Modularisierung durch Refactoring . . . . .	89
4.6	Zusammenfassung . . . . .	96
<b>5</b>	<b>Komponentenarchitektur: Entkopplung</b>	<b>99</b>
5.1	Hintergrund modularisierter Software . . . . .	99
5.2	Grundlagen von Declarative Services . . . . .	104
5.3	Entkopplung in der Beispielanwendung . . . . .	106
5.4	Exkurs: Zwei weitere SOLID-Prinzipien . . . . .	115
5.5	Hierarchien in der Beispielanwendung . . . . .	119
5.6	Schnittstellen in Modulen . . . . .	121
5.7	Zusammenfassung . . . . .	122
<b>6</b>	<b>Systemarchitektur: Schichten</b>	<b>125</b>
6.1	Hintergrund von Schichten in der Architektur . . . . .	125
6.2	Entkoppelte Komponenten in der Beispielanwendung . . . . .	128
6.3	Gruppierung von Bundles . . . . .	134
6.4	Schichtenarchitektur mit OSGi . . . . .	137
6.5	Exkurs: Testbarkeit . . . . .	148
6.6	Zusammenfassung . . . . .	152
<b>7</b>	<b>Systemarchitektur: Erweiterbarkeit</b>	<b>153</b>
7.1	Hintergrund von Schnittstellen . . . . .	153
7.2	Schnittstellen in der Beispielanwendung . . . . .	160
7.3	Erweiterung der Schnittstellen . . . . .	166
7.4	Erweiterbarkeit mit OSGi . . . . .	172
7.5	Ersetzbarkeit von Implementierungen . . . . .	174
7.6	Kohäsion in der Beispielanwendung . . . . .	176
7.7	Zusammenfassung . . . . .	178

<b>8</b>	<b>Systemarchitektur: Wiederverwendbarkeit entkoppelter Komponenten</b>	<b>181</b>
8.1	Hintergrund entkoppelter wiederverwendbarer Komponenten . . . .	181
8.2	Entkopplung von externen Abhängigkeiten . . . . .	186
8.3	Gemeinsam genutzte Aspekte . . . . .	193
8.4	Zusammenfassung . . . . .	197
<b>9</b>	<b>Systemarchitektur: Funktionale Entkopplung</b>	<b>199</b>
9.1	Hintergrund funktionaler Entkopplung . . . . .	199
9.2	Parallele Verarbeitung in der Beispielanwendung . . . . .	208
9.3	Versionierung in der Beispielanwendung . . . . .	219
9.4	Zusammenfassung . . . . .	232
<b>10</b>	<b>Komponentenarchitektur: Frameworks</b>	<b>233</b>
10.1	Hintergrund der Frameworks . . . . .	234
10.2	Umsetzung der Beispielanwendung mit CDI . . . . .	247
10.3	Umsetzung der Beispielanwendung mit Spring . . . . .	253
10.4	Umsetzung der Beispielanwendung mit Maven . . . . .	257
10.5	Nachstellen des Beispiels . . . . .	258
10.6	Exkurs: Verwendung von OSGi . . . . .	259
10.7	Zusammenfassung . . . . .	260
<b>11</b>	<b>Systemarchitektur: Product Line Engineering</b>	<b>263</b>
11.1	Hintergrund zu Product Line Engineering . . . . .	263
11.2	Anwendung von PLE auf die Beispielanwendung . . . . .	266
11.3	Mehrere Produkte . . . . .	273
11.4	Nachstellen des Beispiels . . . . .	276
11.5	Zusammenfassung . . . . .	277
<b>12</b>	<b>Systemarchitektur: Repository</b>	<b>279</b>
12.1	Hintergrund von Repositories . . . . .	279
12.2	Ein Repository für OSGi . . . . .	281
12.3	Das p2-Repository für die Beispielanwendung . . . . .	284
12.4	Verschiedene Einsatzmöglichkeiten . . . . .	288
12.5	Maven-Repository . . . . .	291
12.6	Zusammenfassung . . . . .	292

---

<b>13</b>	<b>Schlusswort</b>	<b>295</b>
13.1	Zusammenfassung .....	295
13.2	Ausblick .....	299
<b>A</b>	<b>Appendix A: Tools zur Architekturvalidierung</b>	<b>301</b>
A.1	Korrektheit .....	301
A.2	Metriken .....	302
A.3	Redundanz .....	303
<b>B</b>	<b>Appendix B: Projekt Jigsaw</b>	<b>305</b>
B.1	Designprinzipien .....	305
B.2	Definitionen .....	306
B.3	Moduldeklaration .....	306
B.4	Vergleich mit OSGi .....	309
<b>C</b>	<b>Appendix C: OSGi in der Praxis</b>	<b>311</b>
C.1	Lifecycle von Bundles .....	311
C.2	Statusinformationen eines OSGi-Laufzeitsystems .....	313
	<b>Referenzen</b>	<b>315</b>
	<b>Index</b>	<b>319</b>